



Attorney's Docket No.: 12816-033001 / S1541 2681

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Antonio Digiandomenico et al. Art Unit : 2681  
Serial No. : 09/975,768 Examiner : Unknown  
Filed : October 11, 2001  
Title : PROGRAMMABLE ECHO CANCELLATION FILTER

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

COPY OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 35 USC §119

Applicant hereby perfects the claim of priority under 35 USC §119 to German Application No. 10050336.5, which was filed on October 11, 2000. A certified copy of each application from which priority is claimed is submitted herewith.

Please apply any charges or credits to Deposit Account No. 06-1050.

Respectfully submitted,

Date: February 20, 2002

  
Faustino A. Lichauco  
Reg. No. 41,942

Fish & Richardson P.C.  
225 Franklin Street  
Boston, Massachusetts 02110-2804  
Telephone: (617) 542-5070  
Facsimile: (617) 542-8906

20392229.doc

RECEIVED

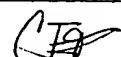
MAR 06 2002

Technology Center 2600

CERTIFICATE OF MAILING BY FIRST CLASS MAIL

I hereby certify under 37 CFR §1.8(a) that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail with sufficient postage on the date indicated below and is addressed to the Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

February 20, 2002  
Date of Deposit



Signature

Carla F. Ofodile  
Typed or Printed Name of Person Signing Certificate

# BUNDESREPUBLIK DÉUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

RECEIVED

**Aktenzeichen:** 100 50 336.5 **MAR 06 2002**  
**Anmeldetag:** 11. Oktober 2000 **Technology Center 2600**  
**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE  
**Bezeichnung:** Programmierbares Echokompensations-  
filter  
**IPC:** H 04 B, H 04 M, G 10 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Oktober 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks

## Beschreibung

### Programmierbares Echokompensationsfilter

5 Die Erfindung betrifft ein programmierbares Echokompensationsfilter zur Echosignal kompensation von Echosignalen eines Transceivers.

10 Bei Signalübertragungssystemen treten bei der Abgabe eines Sendesignals von einem Transceiver an eine Signalleitung stets Echosignale auf, die dem Empfangssignal überlagert werden. Dabei ist die Amplitude des Echosignals aufgrund der Dämpfung der Signalleitung deutlich höher als die Amplitude des Empfangssignals. Zur Dämpfung bzw. Auslösung des den im Empfangssignal überlagerten Echosignals enthält ein Transceiver ein Echokompensationsfilter.

20 Figur 1 zeigt einen Transceiver nach dem Stand der Technik, der einen Echokompensationsfilter EC enthält. Die von dem Transceiver zu sendenden Daten werden von einer Datenquelle DQ an einen Digital-Analogwandler DAC abgegeben, dort in ein analoges Sendesignal umgewandelt und in einem nachgeschalteten analogen Filter gefiltert. Die gefilterten Sendedaten gelangen über einen Signalleitungstreiber LT zu einer Hybridschaltung und werden von dort über die Signalleitung an ein 25 Endgerät bspw. an ein Teilnehmermodem abgegeben.

30 Dem Empfangssignal  $S_1$  des Transceivers ist ein Echosignal - überlagert, dessen Signalamplitude deutlich höher ist als die Signalamplitude des von dem Endgerät EG empfangenen Signals. In einer Signalanpassungsschaltung wird das mit dem Echosignal überlagerte Empfangssignal  $S_1$  vorgefiltert und die Signal amplituden an den Transceiver angepasst. Der Signalanpassungsschaltung B wird das Echosignal  $S_2$  zugeführt und gelangt 35 von dort zu dem Echokompensationsfilter EC. Das Echokompensationsfilter EC bildet den Frequenzgang des Sendesignalpfades nach. Das durch das Echokompensationsfilter EC gefilterte E-

chosignal wird in einer Subtraktionsschaltung SUB von dem überlagerten Empfangssignal subtrahiert, so dass im Idealfall die automatische Amplitudenregelungsschaltung AGC, das von dem Echosignal befreite Empfangssignal empfängt.

5

Die Stärke des Echosignals hängt von der Leitungsimpedanz der Signalleitung ab, die in Abhängigkeit von der Leitungslänge und von Umwelteinflüssen stark schwankt. Daher wird das Echokompensationsfilter EC bei jedem Verbindungsaufbau zwischen dem Transceiver und dem über die Signalleitung angeschlossenen Endgerät EG dynamisch neu in einer sogenannten Trainingsphase an die aktuelle Leitungsimpedanz angepasst. Hierzu wird die Echokompensationsschaltung EC durch eine Steuerschaltung entsprechend eingestellt. Dies geschieht mittels in der Echokompensationsschaltung EC enthaltener steuerbarer Schalter.

15

Das Echokompensationsfilter EC, das in dem Transceiver nach dem Stand der Technik, wie er in Figur 1 dargestellt ist, eingebaut ist enthält aktive Schaltungskomponenten mit Operationsverstärkern, die mit einer Versorgungsspannung  $U_V$  des Transceivers mit Spannung versorgt werden. Zur Minimierung von Verlustleistungen wird die Versorgungsspannung  $U_V$  des Transceivers zunehmend geringer gewählt. Technologiebedingt werden zunehmend Transceiver eingesetzt, die mit einer niedrigen Versorgungsspannung von weniger als 3,3 V arbeiten.

25

Die in dem Echokompensationsfilter EC enthaltenen steuerbaren Schalter werden herkömmlicherweise durch steuerbare MOS-Transistoren realisiert, deren Gate-Anschlüsse durch die Steuerschaltung angesteuert werden. Aufgrund des an den MOS-Feldeffekttransistoren zwischen dem jeweiligen Drain-Anschluss und dem Source-Anschluss auftretenden Signalspannungshubs kommt es bei herkömmlichen Echokompensationsfiltern zu erheblichen nicht-linearen Signalverzerrungen, die die Kompensation des Echosignals verschlechtern.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein programmierbares Echokompensationsfilter zu schaffen, das minimale nicht-lineare Signalverzerrungen aufweist.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein programmierbares Echokompensationsfilter mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Die Erfindung schafft einen programmierbaren Echokompensationsfilter zur Echosignal kompensation für einen Transceiver mit

10 einem Signaleingang zum Empfang des von dem Transceiver abgegebenen Sendesignals,  
15 einem an den Signaleingang angeschlossenen Eingangswiderstand,

einem Operationsverstärker, dessen Signaleingang mit dem Eingangswiderstand und dessen Signalausgang mit einem Ausgangs-

widerstand verbunden ist,

20 einer ersten programmierbaren Widerstandsschaltung, die zwischen dem Signalausgang des Operationsverstärkers und dem Signaleingang des Operationsverstärkers vorgesehen ist,  
einer zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung, die zwischen dem Ausgangswiderstand und einem Signalausgang des E-

chokompensationsfilters vorgesehen ist,

25 einer dritten programmierbaren Widerstandsschaltung, die zwischen der ersten programmierbaren Widerstandsschaltung und dem Signalausgang des Echokompensationsfilters vorgesehen ist,

wobei die programmierbaren Widerstandsschaltungen jeweils

30 mehrere parallel geschaltete Widerstände aufweisen, die mit einem ersten Anschluss eines zugehörigen steuerbaren Schalters verbunden sind,

wobei die steuerbaren Schalter einen zweiten Anschluss besitzen, der an einem virtuellen Referenzpotentialanschluss mit

35 vernachlässigbarem Spannungshub angeschlossen ist.

Erfindungsgemäß werden somit die steuerbaren Schalter mit ihrem zweiten Anschluss an einen Referenzspannungsanschluss mit einem sehr geringen Spannungshub angeschlossen, so dass die nicht linearen Signalverzerrungen an den steuerbaren Schaltern minimal sind.

Der virtuelle Referenzspannungsanschluss ist dabei ein Eingangsanschluss eines Operationsverstärkers, der eine virtuelle Masse bildet.

Bei dem erfindungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilter weisen die steuerbaren Schalter einer programmierbaren Widerstandsschaltung vorzugsweise jeweils einen Steueranschluss auf, der über eine Steuerleitung mit einer Steuerschaltung zur Einstellung des Widerstandes der Widerstandsschaltung verbunden ist.

Bei der Steuerschaltung handelt es sich vorzugsweise um einen DSP-Prozessor.

Die steuerbaren Schalter sind vorzugsweise MOSFET-Transistoren, deren steuerbaren Gate-Anschlüsse durch die Steuerschaltung angesteuert werden.

Das erfindungsgemäße programmierbare Echokompensationsfilter weist vorzugsweise einen Kondensator auf, der an einen relativ niederohmigen Leitungsknoten des Echokompensationsfilters angeschlossen ist.

Das erfindungsgemäße programmierbare Echokompensationsfilter hat den Vorteil, dass es lediglich einen Kondensator zur Erzeugung der notwendigen Filterübertragungsfunktion benötigt.

Die steuerbaren Schalter der ersten programmierbaren Widerstandsschaltung sind vorzugsweise mit dem Signaleingang des Operationsverstärkers als virtuelle Referenzpotentialanschlüsse verbunden.

Die steuerbaren Schalter der zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung und die steuerbaren Schalter der dritten programmierbaren Widerstandsschaltung sind vorzugsweise mit dem 5 Signaleingang eines Operationsverstärkers einer automatischen Verstärkungsregelungsschaltung des Transceivers verbunden.

Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter wird vorzugsweise mit einer niedrigen Versorgungsspannung versorgt.

10 Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter voll-differentiell aufgebaut.

15 Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter als ein analoges Tiefpassfilter erster Ordnung aufgebaut.

20 Der Signaleingang des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters ist vorzugsweise an eine Signalanpassungsschaltung zur Signalanpassung des Sendesignals angeschlossen.

25 Der Signalausgang des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters ist vorzugsweise mit dem Signaleingang einer automatischen Verstärkungsregelungsschaltung in einem Empfangssignalpfad des Transceivers verbunden.

30 Die in den programmierbaren Widerstandsschaltungen enthaltenen Widerstände weisen vorzugsweise zueinander gewichtete Widerstandswerte auf.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters ist die Verstärkung des Echokompensationsfilters in einem unterhalb einer ersten Grenzfrequenz 35 liegenden Frequenzbereich und die Verstärkung des Echokompensationsfilters in einem oberhalb einer zweiten Grenzfrequenz

liegenden Frequenzbereich durch die Steuerschaltung einstellbar.

5 Dabei sind vorzugsweise die beiden Grenzfrequenzen des Echo-  
kompensationsfilters durch die Steuerschaltung ebenfalls ein-  
stellbar.

10 Im Weiteren werden bevorzugte Ausführungsformen des erfin-  
dungsgemäßen programmierbaren Echokompensationsfilters unter  
Bezugnahme auf die beigefügten Figuren zur Erläuterung erfin-  
dungswesentlicher Merkmale beschrieben.

Es zeigen:

15 Figur 1 einen Transceiver mit Echokompensationsfilter nach  
dem Stand der Technik;

20 Figur 2 einen voll-differentiell aufgebauten Transceiver mit  
einem erfindungsgemäßen voll-differentiellen Echokompensati-  
onsfilter;

Figur 3 den schaltungstechnischen Aufbau einer bevorzugten  
Ausführungsform des erfindungsgemäßen programmierbaren Echo-  
kompensationsfilters;

25 Figur 4 den schaltungstechnischen Aufbau einer programmierba-  
ren Widerstandsschaltung, wie sie in dem erfindungsgemäßen  
Echokompensationsfilter eingebaut ist;

30 Figur 5 den Frequenzverlauf des erfindungsgemäßen program-  
mierbaren Echokompensationsfilters.

Wie man aus Figur 2 erkennen kann, enthält der Transceiver 1  
eine Datenquelle 2 zur Abgabe von Sendedaten an einen Digi-  
35 tal-Analogwandler 3, der die Sendedaten in ein analoges Sen-  
designal umwandelt und an ein analoges Sendefilter 4 abgibt.  
Das gefilterte analoge Sendesignal wird durch einen Leitungs-

treiber 5 verstkt und über eine Hybridschaltung 6 an Leitungsanschlüsse 7a, 7b abgegeben. An den Leitungsanschlüssen 7a, 7b ist eine Signalleitung, bspw. eine Zweidrahttelefonleitung angeschlossen, die das Sendesignal an ein Teilnehmer-  
5 endgerät überträgt. Die Hybridschaltung 6 enthält zwei Widerstände 8a, 8b. An Knoten 9a, 9b wird das von der Treiber-  
schaltung 5 abgegebene Sendesignal über Leitungen 10a, 10b an  
ein  Signalanpassungsschaltung 11 abgezweigt, die eine Vor-  
filterung und eine Signalamplitudenanpassung durchfrt. Die  
10 Signalanpassungsschaltung 11 ist über Leitungen 12a, 12b mit  
Signaleingängen 13a, 13b eines erfindungsgemäßen programmier-  
baren Echokompensationsfilters 14 verbunden. Das Echokompen-  
sationsfilter 14 ist vorzugsweise voll-differentiell aufge-  
baut und besitzt zwei Signalausgänge 15a, 15b, die über Lei-  
tungen 16a, 16b mit Sumationsknoten 17a, 17b im Empfangssig-  
nalpfad des Transceivers 1 verbunden sind. Darüberhinaus  
15 weist das erfindungsgemäße programmierbare Echokompensations-  
filter 14 einen Steuereingang 18 auf, der über Steuerleitun-  
gen 19 mit einem Ausgang 20 in einer Steuerschaltung 21 ver-  
bunden ist.  
20

Bei der Steuerschaltung 21 handelt es sich vorzugsweise um  
einen digitalen Signalprozessor. Der DSP-Signalprozessor 21  
frt die Einstellungen in dem erfindungsgemäßen Echokompen-  
sationsfilter 14 über die Steuerleitung 19 durch.  
25

Das über die Anschlüsse 7a, 7b ankommende Empfangssignal wird  
zusammen mit dem auftretenden Echosignal über Signalleitungen  
22a, 22b einer weiteren Signalanpassungsschaltung 23 zuge-  
frt. Die Signalanpassungsschaltung 23 filtert das ankommen-  
30 de Signal vor und frt eine Signalamplitudenanpassung durch.  
Die Signalanpassungsschaltung 23 ist ausgangsseitig über Leitungen  
24a, 24b mit Eingangswiderstände 25a, 25b einer auto-  
matisch Signalverstkungsregelungsschaltung AGC verbunden.  
35 Die Widerstände 25a, 25b liegen über Leitungen 26a, 26b an  
Signaleinggen 27a, 27b eines Operationsverstker 28 an.  
Der Operationsverstker 28 besitzt zwei Signalausgänge 29a,

29b, die über Leitungen 30a, 30b mit einem Filter 31 verbunden sind. Dem Filter 31 ist eine Analog-Digital-Wandlerschaltung 32 nachgeschaltet, die das gefilterte Empfangssignal in ein digitales Empfangssignal umwandelt und an 5 eine Datensenke 33 des Transceivers 1 abgibt. Der Signalausgang 29a des Operationsverstärkers 28 ist über einen Rückkopplungswiderstand 34a mit dem nicht-invertierenden Signaleingang 27a des Operationsverstärkers 28 verbunden. Der zweite Signalausgang 29b des Operationsverstärkers 28 ist über 10 einen Rückkoppelwiderstand 34b an den invertierenden Signaleingang 27b des Operationsverstärkers 28 geschaltet.

Die Figur 3 zeigt den schaltungstechnischen Aufbau einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen 15 programmierbaren Echokompensationsfilters 14. Das Echokompensationsfilter 14 ist bei der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform voll-differentiell aufgebaut. Das Echokompensationsfilter 14 besitzt einen Signaleingang 13a, 13b zum Empfang des von dem Transceiver 1 abgegebenen angepassten Sendesignals. Der Signaleingang 13a, 13b ist über Leitungen 35a, 35b, Eingangswiderstände 36a, 36b und Leitungen 37a, 37b mit den beiden Signaleingängen 38a, 38b eines voll differentiell aufgebauten Operationsverstärkers 39 verbunden. Der voll differentiell aufgebaute Operationsverstärker 39 besitzt zwei Versorgungsspannungsanschlüsse 40a, 40b und wird mit der Versorgungsspannung  $U_v$  des Transceivers 1 versorgt. Der Operationsverstärker 39 weist zwei Signalausgänge 41a, 41b auf, die über Leitungen 42a, 42b an Ausgangswiderständen 43a, 43b des Operationsverstärkers 39 angeschlossen sind. An Knoten 44a, 25 44b sind die Signalausgänge 41a, 41b des Operationsverstärkers 39 über Leitungen 45a, 45b mit einem Knoten 46a, 46b verbunden, der über eine Leitung 47a, 47b mit einer ersten programmierbaren Widerstandsschaltung 48a, 48b verbunden ist.

30 35 Die ersten programmierbaren Widerstandsschaltungen 48a, 48b sind über eine Leitung 49a, 49b an den Signaleingang 38a, 38b des voll differentiell aufgebauten Operationsverstärkers 39

angeschlossen. Die Widerstandsschaltungen 48a, 48b enthalten jeweils mehrere parallel geschaltete Widerstände mit zugehörigen steuerbaren Schaltern, die an den Steuereingang 18 des Echokompensationsfilters 14 angeschlossen sind und von dem 5 DSP-Prozessor 21 gesteuert werden.

Die Ausgangswiderstände 43a, 43b des Operationsverstärkers 39 liegen über Leitungen 50a, 50b an zweiten programmierbaren Widerstandsschaltungen 51a, 51b an. Die Widerstandsschaltungen 51a, 51b enthalten ebenfalls parallel geschaltete Widerstände mit zugehörigen steuerbaren Schaltern, die an dem Steueranschluss 18 des Echokompensationsfilters 14 angeschlossen sind. Die zweiten programmierbaren Widerstandsschaltungen 51a, 51b sind über Leitungen 52a, 52b an Knoten 10 53a, 53b angeschlossen, die über Leitungen 54a, 54b mit dem Signalaustritt 15a, 15b des Echokompensationsfilters 14 verbunden sind.

Das Echokompensationsfilter 14 enthält ferner dritte programmierbare Widerstandsschaltungen 55a, 55b. Die programmierbaren Widerstandsschaltungen 55a, 55b sind über Leitungen 56a, 20 56b mit dem Knoten 46a, 46b und über Leitungen 57a, 57b mit dem Knoten 53a, 53b verbunden.

Das Echokompensationsfilter 14 weist ferner einen Kondensator 25 58 auf, der bei der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform extern über Anschlüsse 59a, 59b an das Echokompensationsfilter 14 angeschlossen ist. Die Kondensatoranschlüsse 59a, 59b sind über Leitungen 60a, 60b an Knoten 61a, 61b zwischen dem Ausgangswiderstand 43a, 43b des Operationsverstärkers 39 und 30 der zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung 51a, 51b geschaltet. Der Kondensator 58 wird vorzugsweise in SMD-Technik (SMD: Service Mounted Device) auf einer Schaltungsplatine des Transceivers 1 angebracht. Der Kondensator 58 ist 35 an die relativ niederohmigen Signalknoten 61a, 61b des Echokompensationsfilters 14 angeschlossen und liegt nicht an einem hochohmigen virtuellen Referenzpotential an. Es ist mög-

lich den Kondensator 58 über die Kondensatoranschlüsse 59a, 59b extern anzuschließen, ohne dass die elektromagnetische Verträglichkeit EMV des Echokompensationsfilters 14 abnimmt. Durch die Implementierung des Kondensators 58 als ein SMD-Kondensator weist der Kondensator 58 eine sehr geringe Chipfläche auf. Beispielsweise beträgt die Kondensatorfläche eines SMD-Kondensators 58 bei einer Kapazität bis zu 10 nF etwa 2-3 mm<sup>2</sup>. Der Kondensator 58 ist bei einer alternativen Ausführungsform in dem Echokompensationsfilter 14 intern integriert. Der Flächenbedarf ist dabei höher und liegt bei einer Kapazität von etwa 10 nF über 10 mm<sup>2</sup>.

Figur 4 zeigt den schaltungstechnischen Aufbau einer programmierbaren Widerstandsschaltung 62, wie sie als Widerstandsschaltung 48a, 48b, 51a, 51b, 55a, 55b in Figur 3 dargestellten erfindungsgemäßen Echokompensationsfilter 14 enthalten ist.

Die in Figur 4 dargestellte programmierbare Widerstandsschaltung 62 besitzt einen ersten Anschluss 63 und einen zweiten Anschluss 64. An dem ersten Anschluss 63 sind N-Widerstände 65-1 bis 65-n parallel angeschlossen. In Reihe zu den Widerständen 65 sind jeweils zugehörige steuerbare Schalter 66 geschaltet. Die steuerbaren Schalter 66 sind vorzugsweise steuerbare MOSFET-Transistoren. Die steuerbaren Schalter weisen jeweils einen Steueranschluss 67 auf, der mit dem Steuereingang 18 des Echokompensationsfilters 14 verbunden ist. Die steuerbaren Schalter 66 werden durch den DSP-Prozessor 21 gesteuert geschaltet. Die steuerbaren Schalter 66 besitzen jeweils einen ersten Anschluss 68, der mit dem zugehörigen Widerstand 65 verbunden ist, und einen zweiten Anschluss 69, der an dem Anschluss 64 anliegt. Dabei ist der Anschluss 64 aller in dem Echokompensationsfilter 14 enthaltener programmierbarer Widerstandsschaltungen 62 an einen virtuellen Referenzspannungsanschluss mit einem geringen Spannungshub angeschlossen, so dass die an den steuerbaren Schaltern 66 auftretenden Signalverzerrungen minimal sind.

Die steuerbaren Schalter 66 der ersten programmierbaren Widerstandsschaltungen 48a, 48b liegen an den virtuellen Signaleingängen 38a, 38b des Operationsverstärkers 39 an, wie 5 aus Figur 3 zu erkennen ist.

Die steuerbaren Schalter 66 der zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung 51a, 51b und die steuerbaren Schalter 66 der dritten programmierbaren Widerstandsschaltung 55a, 55b 10 liegen über die Signalausgänge 15a, 15b des Echokompensationsfilters 14 und über die Leitungen 16a, 16b an den Signaleingängen 27a, 27b des Operationsverstärkers 28 der automatischen Verstärkungsregelungsschaltung des Transceivers 1 an, wie man aus den Figuren 2 und 3 erkennt. Die Signaleingänge 15 der Operationsverstärker 39, 28 sind sehr hochohmig und weisen einen Spannungshub von nahezu null auf, da sie eine virtuelle Masse bilden.

---

Der in Figur 3 dargestellte Operationsverstärker 39 bildet 20 eine aktive Eingangsstufe zur Impedanzentkopplung des Echokompensationsfilters von der vorgeschalteten Signalanpassungsschaltung 11. Aufgrund der Impedanzentkopplung ist der in dem DSP-Prozessor 21 ablaufende notwendige Algorithmus zur dynamischen Anpassung der Schalterstellungen nach erfolgen 25 Verbindungsaufbau in der Trainingsphase des Transceivers 1 relativ einfach. Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 besitzt aufgrund der Verstärkereingangsstufe einen konstanten Eingangswiderstand.

30 Das in Figur 3 dargestellte erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 benötigt lediglich eine aktive Verstärkungsstufe und besitzt daher nur eine sehr geringe Anzahl aktiver Schaltungskomponenten. Daher ist der Leistungsverbrauch des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 sehr gering und darüber hinaus ist die Rauschleistung des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 sehr niedrig. Der Operationsverstärker 39 der Echokompensationsschaltung 14 wird bei einer 35

bevorzugten Ausführungsform über die Versorgungsspannungsanschlüsse 40a, 40b mit einer niedrigen Versorgungsspannung von lediglich 3,3 V versorgt. Das Rauschen des Echokompensationsfilters 14 liegt bei einer bevorzugten Ausführungsform vorzugsweise unter -148 dBm/Hz, wobei der Leistungsverbrauch bei einem Frequenzband von 1,1 MHz bei nur 25mW liegt. Die TDH (Total Harmonic Distortion) ist kleiner als -85dB.

Der Flächenbedarf des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14, wie es in Figur 3 dargestellt ist, beträgt bspw. bei einem  $0,65\mu$ -Herstellungsprozess lediglich  $0,33 \text{ mm}^2$  und ist somit sehr niedrig.

Die Übertragungsfunktion des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 ist durch den DSP-Prozessor 21 in einfacher Weise einstellbar. Bei dem Echokompensationsfilter 14 handelt es sich vorzugsweise um ein Tiefpassfilter erster Ordnung.

Dabei ist die Verstärkung des Echokompensationsfilters in einem unterhalb einer ersten Grenzfrequenz liegenden Frequenzbereich und in einem oberhalb einer zweiten Grenzfrequenz liegenden Frequenzbereich durch den DSP-Prozessor separat einstellbar. Dabei sind die beiden Grenzfrequenzen des Echokompensationsfilters ebenfalls durch den DSP-Prozessor 21 einstellbar.

Figur 5 zeigt den Frequenzgang einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14. Bis zu einer unteren Grenzfrequenz  $f_u$  beträgt die einstellbare Verstärkung des Echokompensationsfilters  $H_1$  und oberhalb einer oberen Grenzfrequenz  $f_o$  beträgt die einstellbare Verstärkung des Echokompensationsfilters 14  $H_2$ . In dem Übergangsfrequenzbereich zwischen der unteren Grenzfrequenz  $f_u$  und der oberen Grenzfrequenz  $f_o$  nimmt die Verstärkung bspw. um 20 dB pro Dekade ab. Durch den DSP-Prozessor 21 sind die Verstärkung  $H_1$  des Echokompensationsfilters 14 sowie die beiden Grenzfrequenzen  $f_u$ ,  $f_o$  durch Ansteuern der in den Wider-

standsschaltungen enthaltenen steuerbaren Schalter 66 einstellbar.

Die Übertragungsfunktion des in Figur 3 dargestellten Echo-

5 kompensationsfilters 14 lautet:

$$H(w) = K \cdot \frac{\frac{R_{43} \cdot R_{51}}{1 + jwC_{58} \frac{R_{43} \cdot R_{51}}{R_{55} + R_{43} + R_{51}}}}{1 + jwC_{58} \frac{R_{43} \cdot R_{51}}{R_{43} + R_{51}}} \quad (1)$$

Wobei die Verstärkung K beträgt:

$$K = \frac{R_{48} \cdot R_{25}}{R_{36} \cdot R_{55}} \cdot \left(1 + \frac{R_{55}}{R_{43} + R_{51}}\right) \quad (2)$$

Die Widerstandswerte  $R_{48}$ ,  $R_{51}$ ,  $R_{55}$  der drei programmierbaren Widerstandsschaltungen 48, 51, 55 sind durch den DSP-

15 Prozessor 21 zur Einstellung der Verstärkung, der oberen Grenzfrequenz  $f_o$  und der unteren Grenzfrequenz  $f_u$  einstellbar bzw. programmierbar.

Die Widerstandswerte  $R_{36}$  und  $R_{43}$  der Eingangswiderstände 36 und der Ausgangswiderstände 43 sind genauso wie der Widerstand  $R_{25}$  des Eingangswiderstandes der automatischen Verstärkungsregelungsschaltung konstant. Auch die Kapazität  $C_{58}$  des Kondensators 58 ist fest vorgegeben.

25 Durch die Programmierung bzw. Einstellung der Widerstandsschaltungen 48, 51, 55 ist die DSP-Steuerung 21 in der Lage den Frequenzgang des Echokompensationsfilters 14, wie er in Figur 5 dargestellt ist, entsprechend dem gesendeten Sendesignal und den auftretenden Impedanzänderungen der Signalleitung zu verändern. Aufgrund der minimalen Spannungshübe an den in den programmierbaren Widerstandsschaltungen 48, 51, 55 enthaltenen steuerbaren Schaltern 66, werden dabei die auftretenden linearen Signalverzerrungen minimal, so dass das Echokompensationssignal 14 das auftretende Echosignal voll-

ständig kompensiert. Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 benötigt lediglich einen Kondensator 58, der zudem flächensparend extern in SMD-Technik montierbar ist. Die erfindungsgemäße Echokompensationsschaltung 14 enthält lediglich 5 eine aktive Verstärkerstufe 39 zur Impedanzentkopplung, so dass der Leistungsverbrauch des erfindungsgemäßen Echokompensationsfilters 14 gering ist und das Echokompensationsfilter 14 selbst eine sehr geringe Rauschleistung hat. Der zur Programmierung des Echokompensationsfilters 14 notwendige Algorithmus innerhalb des DSP-Prozessors 21 ist relativ einfach, so dass der schaltungstechnische Aufwand des DSP-Prozessors 21 ebenfalls sinkt.

Das erfindungsgemäße Echokompensationsfilter 14 eignet sich 15 insbesonders für den Einbau in Transceiver für xDSL-Signale.

## Patentansprüche

1. Programmierbares Echokompensationsfilter zur Echosignal-kompensation für einen Transceiver mit:

5

(a) einem Signaleingang (13) zum Empfang des von dem Transceiver (1) abgegebenen Sendesignals;

10 (b) einem an den Signaleingang (13) angeschlossenen Eingangs-widerstand (36);

15 (c) einem Operationsverstärker (39) dessen Signaleingang (38) mit dem Eingangswiderstand (36) und dessen Signalausgang (41) mit einem Ausgangswiderstand (43) verbunden ist;

15

(d) einer ersten programmierbaren Widerstandsschaltung (48), die zwischen dem Signalausgang (41) des Operationsverstärkers (39) und dem Signaleingang (38) des Operationsverstärkers vorgesehen ist;

20

(e) einer zweiten programmierbaren Widerstandsschaltung (51), die zwischen dem Ausgangswiderstand (43) und einem Signalaus-gang (15) des Echokompensationsfilters (14) vorgesehen ist;

25

(f) einer dritten programmierbaren Widerstandsschaltung (55), die zwischen der ersten programmierbaren Widerstandsschaltung (48) und dem Signalausgang (15) des Echokompensationsfilters (14) vorgesehen ist,

30

(g) wobei die programmierbaren Widerstandsschaltungen (48, 51, 55) jeweils mehrere parallel geschaltete Widerstände (65) aufweisen, die mit einem ersten Anschluss (68) eines zugehö-riegen steuerbaren Schalters (66) verbunden sind,

35

(h) wobei die steuerbaren Schalter (66) einen zweiten An-schluss (69) besitzen, der an einem virtuellen Referenzspan-

nungsanschluss mit sehr geringem Spannungshub angeschlossen ist.

2. Programmierbares Echokompensationsfilter nach Anspruch 1

5       d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t, dass die steuerbaren Schalter (66) der programmierbaren Wi-  
derstandsschaltung (48, 51, 55) jeweils einen Steueranschluss  
10      (67) aufweisen, der über eine Steuerleitung (19) mit einer Steuerschaltung (21) zur Einstellung des Widerstandswertes  
15      der programmierbaren Widerstandsschaltung (48, 51, 55) ver-  
bunden ist.

3. Programmierbares Echokompensationsfilter

15      d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
15      dass die Steuerschaltung (21) ein DSP-Prozessor ist.

4. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der  
vorangehenden Ansprüche

20      d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
20      dass die steuerbaren Schalter (66) MOSFET-Transistoren mit  
steuerbaren Gate-Anschlüssen sind.

5. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der  
vorangehenden Ansprüche

25      d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
25      dass ein Kondensator (58) vorgesehen ist, der an einem nied-  
erohmigen Knoten (61) des Echokompensationsfilters (14) an-  
geschlossen ist.

30      6. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der  
vorangehenden Ansprüche

35      d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
35      dass die steuerbaren Schalter (66) der ersten programmierba-  
ren Widerstandsschaltung (48), mit dem Signaleingang (38) des  
Operationsverstärkers (39) als virtuellen Masseanschluss ver-  
bunden sind.

7. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

dass die steuerbaren Schalter (66) der zweiten programmierba-

ren Widerstandsschaltung (51) und die steuerbaren Schalter

(66) der dritten programmierbaren Widerstandsschaltung (55)

mit dem Signaleingang (27) eines Operationsverstärkers (28)

einer automatischen Verstärkungsregelungsschaltung des Trans-

ceivers (1) verbunden sind.

10

8. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

dass das Echokompensationsfilter (14) mit einer niedrigen

15

Versorgungsspannung versorgt wird.

9. Programmierbarer Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

20

dass das Echokompensationsfilter (14) voll differentiell aufgebaut ist.

10. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

25

dass das Echokompensationsfilter (14) ein analoges Tiefpassfilter erster Ordnung ist.

30

11. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

dass das Echokompensationsfilter (14) ein analoges Tiefpassfilter höherer Ordnung ist.

35

12. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

dass der Signaleingang (13) des Echokompensationsfilters (14) an eine Signalanpassungsschaltung (11) zur Signalanpassung des Sendesignals angeschlossen ist.

5 13. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

dass der Signalausgang (15) des Echokompensationsfilters (14)

an eine automatische Verstärkungsregelungsschaltung in dem

10 Empfangssignalpfad des Transceivers (1) angeschlossen ist.

14. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

15 dass die in den programmierbaren Widerstandsschaltungen (48, 51, 55) enthaltenen Widerstände gewichtete Widerstandswerte aufweisen.

15. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

dass die Verstärkung ( $H_1$ ) des Echokompensationsfilters (14) in einem unterhalb der ersten Grenzfrequenz ( $f_U$ ) liegenden Frequenzbereich und

25 die Verstärkung ( $H_2$ ) des Echokompensationsfilters (14) in einem oberhalb einer zweiten Grenzfrequenz ( $f_O$ ) liegenden Frequenzbereich durch die Steuerschaltung (21) einstellbar ist.

16. Programmierbares Echokompensationsfilter nach einem der vorangehenden Ansprüche

dadurch gekennzeichnet,

dass die beiden Grenzfrequenzen ( $f_U, f_O$ ) des Echokompensationsfilters (14) durch die Steuerschaltung (21) einstellbar sind.

35

17. Transceiver für xDSL-Signale, der ein programmierbares Echokompensationsfilter (14) nach Anspruch 1 enthält.

## Zusammenfassung

## Programmierbares Echokompensationsfilter

5 Programmierbares Echokompensationsfilter zur Echosignalkom-  
pensation für einen Transceiver mit einem Signaleingang (13)  
zum Empfang des von dem Transceiver (1) abgegebenen Sendesignals,  
10 einem an dem Signaleingang (13) angeschlossenen Eingangswiderstand (36), einem Operationsverstärker (39) dessen  
Signaleingang (38) mit dem Eingangswiderstand (3) und dessen  
Signalausgang (41) mit einem Ausgangswiderstand (43) verbun-  
den ist, einer ersten programmierbaren Widerstandsschaltung  
15 (48), die zwischen dem Signalausgang (41) des Operationsver-  
stärkers (39) und dem Signaleingang (38) des Operationsver-  
stärkers vorgesehen ist, einer zweiten programmierbaren Wi-  
derstandsschaltung (51), die zwischen dem Ausgangswiderstand  
(43) und einem Signalausgang (15) des Echokompensationsfil-  
ters (14) vorgesehen ist, einer dritten programmierbaren Wi-  
derstandsschaltung (55), die zwischen der ersten programmier-  
20 baren Widerstandsschaltung (48) und dem Signalausgang (15)  
des Echokompensationsfilters (14) vorgesehen ist, wobei die  
programmierbaren Widerstandsschaltungen (48, 51, 55) jeweils  
mehrere parallel geschaltete Widerstände (65) aufweisen, die  
25 mit einem ersten Anschluss (68) eines zugehörigen steuerbaren  
Schalters (66) verbunden sind, wobei die steuerbaren Schalter  
(66) einen zweiten Anschluss (69) besitzen, der an einem vir-  
tuellen Referenzspannungsanschluss mit geringem Spannungshub  
angeschlossen ist.

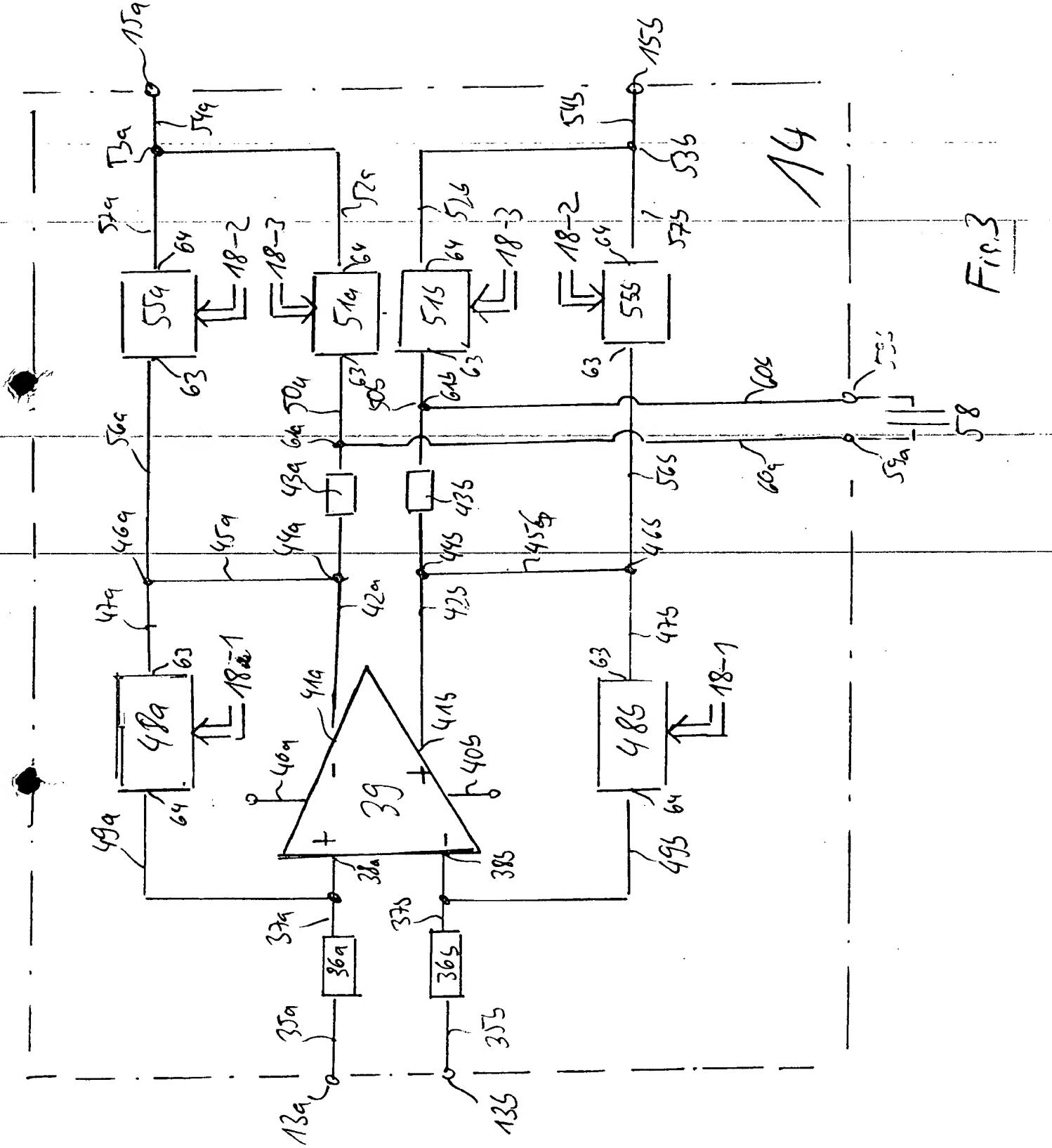


Fig. 3

## Bezugszeichenliste

1. Transceiver
2. Datenquelle
- 5 3. Digital/Analogwandler
4. Sendefilter
5. Leitungstreiber
6. Hybridschaltung
7. Leitungsanschluss
- 10 8. Widerstände
9. Knoten
10. Leitungen
11. Signalanpassungsschaltung
12. Leitungen
- 15 13. Signaleingang
14. Echokompensationsfilter
15. Signalausgang des Echokompensationsfilters
16. Leitungen
17. Knoten
- 20 18. Steueranschluss
19. Steuerleitungen
20. Steuerausgang
21. Steuerschaltung
22. Leitungen
- 25 23. Signalanpassungsschaltung
24. Leitungen
25. Widerstände
26. Leitungen
27. Operationsverstärkereingang
- 30 28. Operationsverstärker
29. Operationsverstärkerausgang
30. Leitungen
31. Filter
32. Analog-Digitalwandler
- 35 33. Datensenke
34. Rückkopplungswiderstände
35. Leitungen

- 36. Eingangswiderstand
- 37. Leitungen
- 38. Operationsverstärkereingang
- 39. Operationsverstärker
- 5 40. Spannungsversorgungsanschlüsse
- 41. Operationsverstärkerausgänge
- 42. Leitungen
- 43. Ausgangswiderstände
- 44. Knoten
- 10 45. Leitungen
- 46. Knoten
- 47. Leitungen
- 48. erste programmierbare Widerstandsschaltung
- 49. Leitungen
- 15 50. Leitungen
- 51. zweite programmierbare Widerstandsschaltung
- 52. Leitungen
- 53. Knoten
- 54. Leitungen
- 20 55. dritte programmierbare Widerstandsschaltung
- 56. Leitungen
- 57. Leitungen
- 58. Kondensator
- 59. Kondensatoranschlüsse
- 25 60. Leitungen
- 61. Knoten
- 62. Programmierbare Widerstandsschaltung
- 63. Anschluss
- 64. Anschluss
- 30 65. Widerstände
- 66. Steuerbare Schalter
- 67. Steueranschlüsse
- 68. Anschlüsse
- 69. Anschlüsse

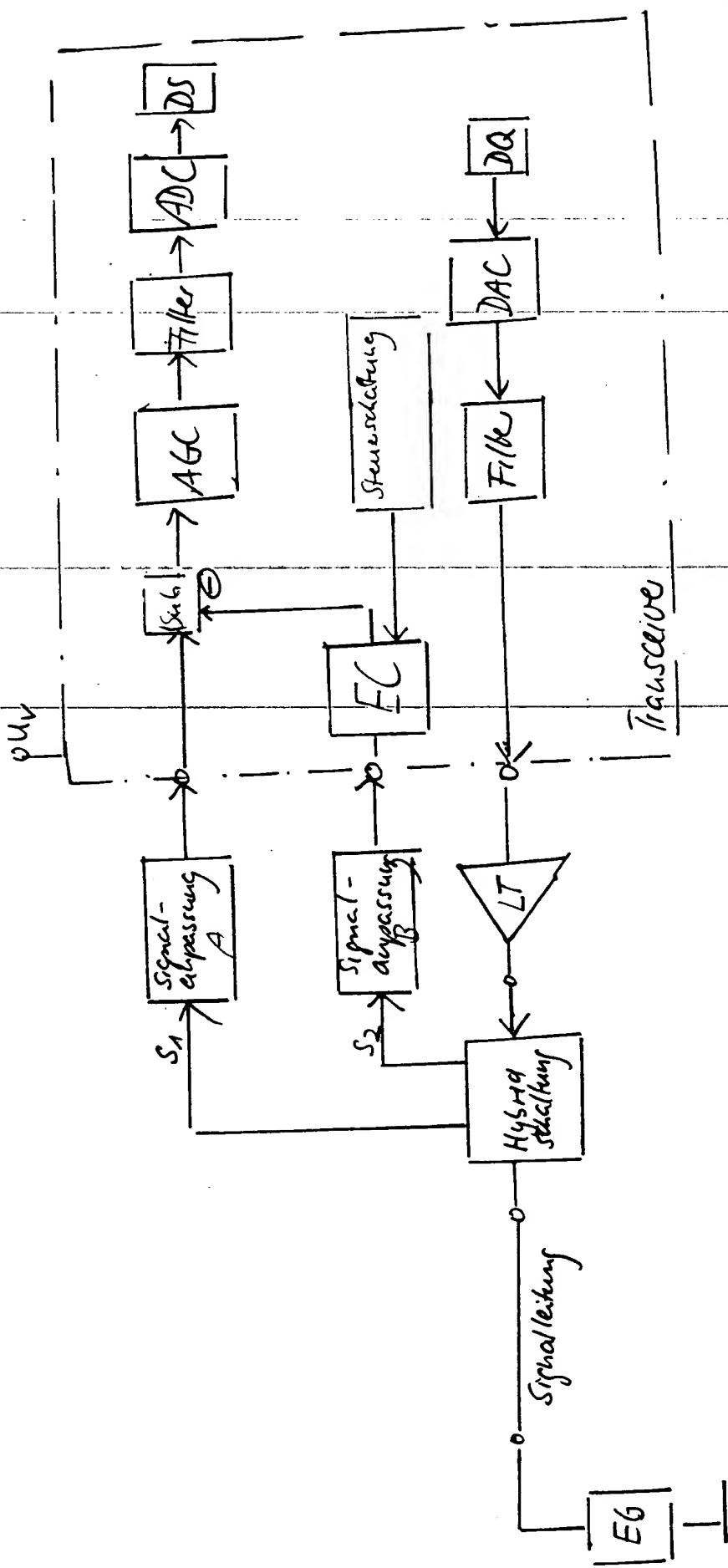


Fig 1

215

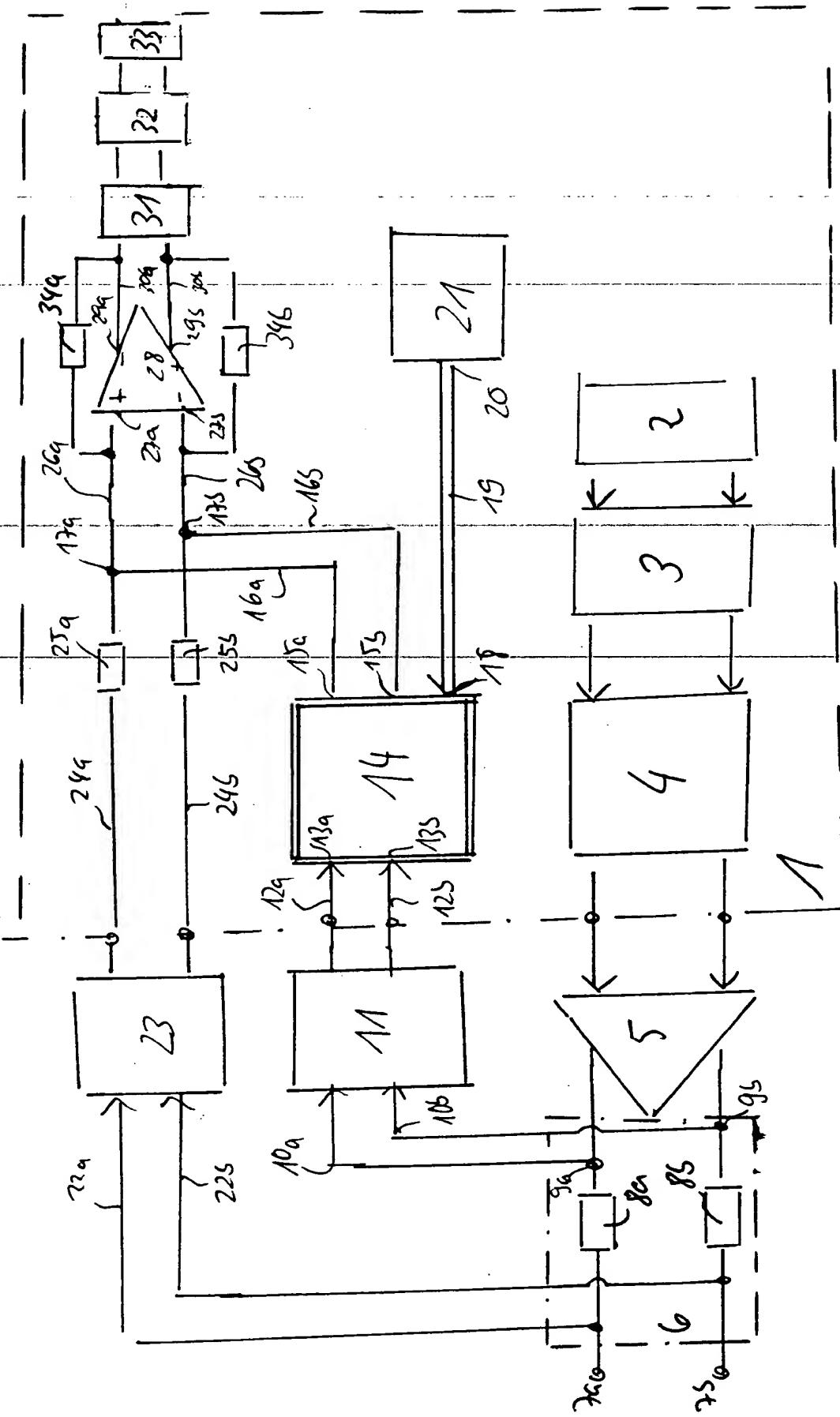


Fig. 2

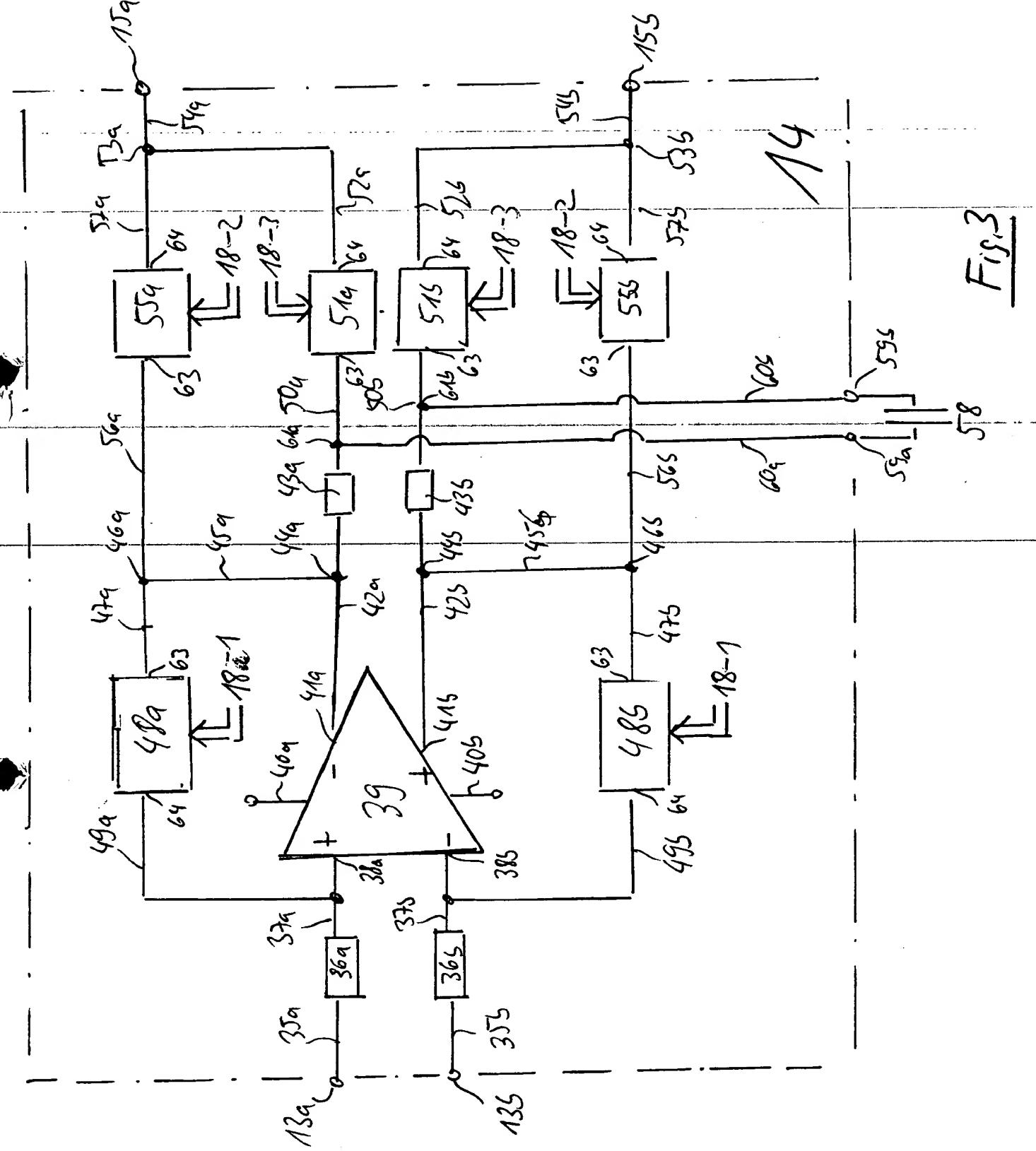


Fig. 3

4  
5

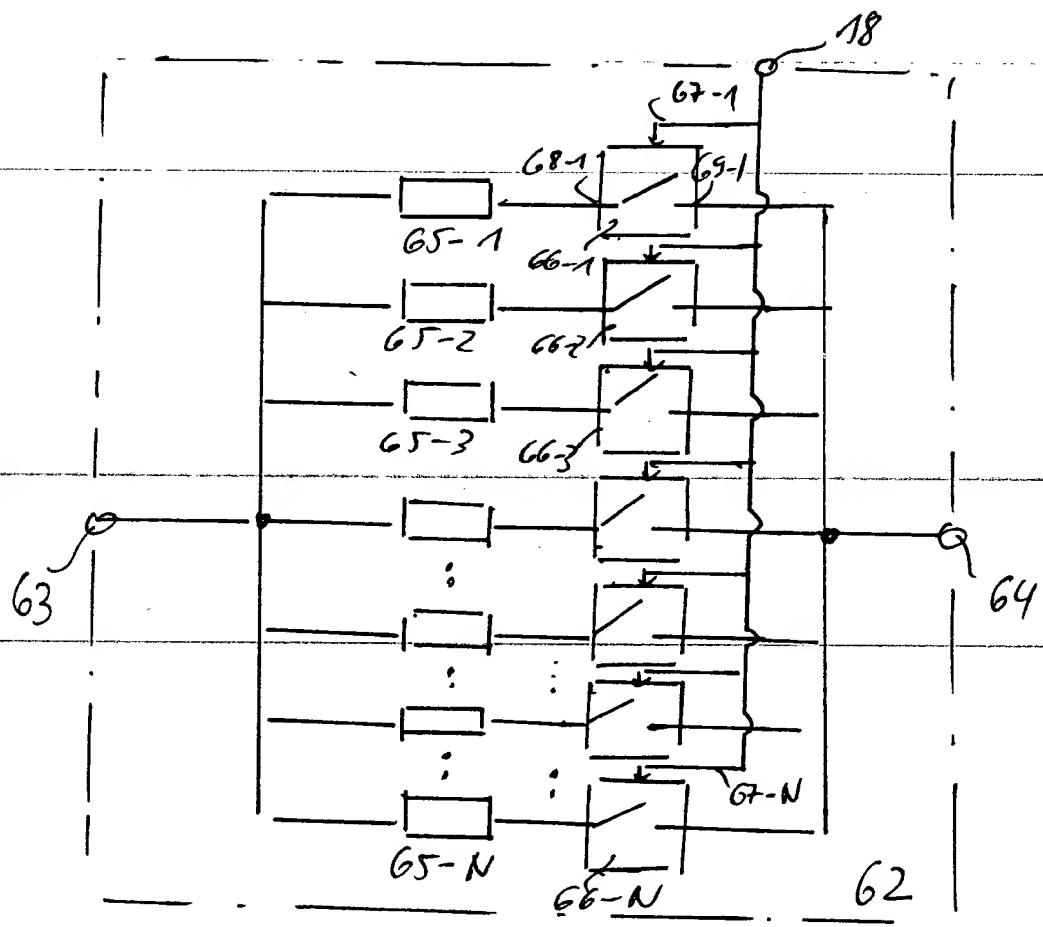


Fig. 4

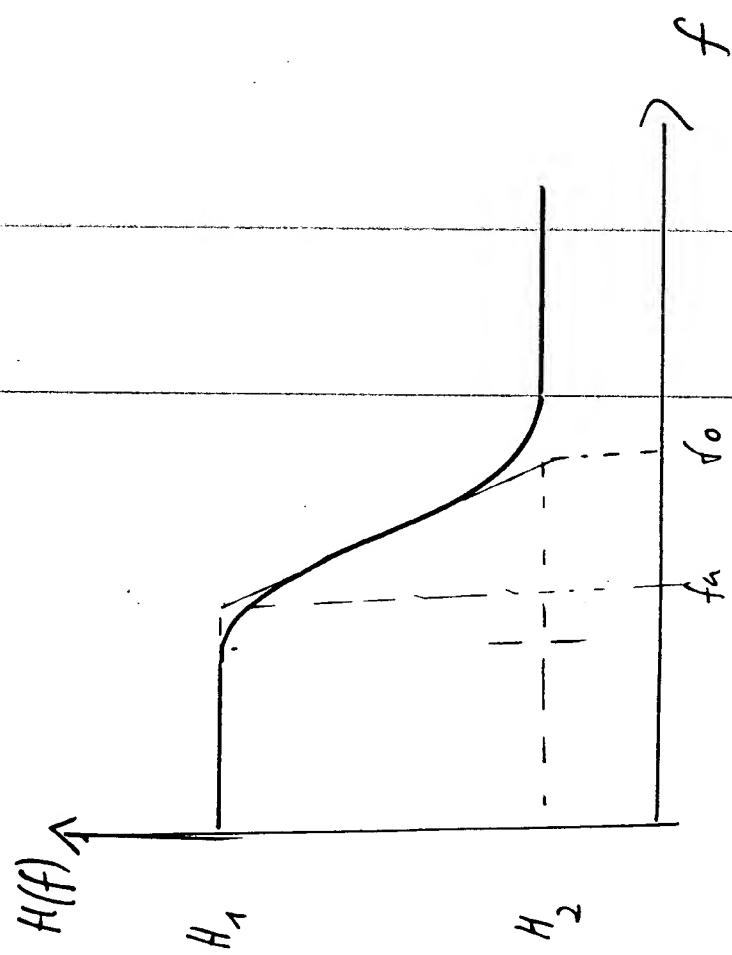


Fig.5